

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Hypotermický prvek

Hypothermia Element

Student:

Bc. Michal Gajdoš

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Michal Gajdoš
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace:	20 Výrobní stroje a zařízení
Téma:	Hypotermický prvek Hypothermia Element

Zásady pro vypracování:

Navrhněte chladicí zařízení pro aplikaci hypotermie při léčení a rehabilitaci zmožených a zánětem postižených partií kolenního kloubu. Při návrhu zařízení vycházejte z Patentového spisu 303 114, anatomie lidské končetiny a požadavku zajištění pohybu při léčení. Chladicí výkon zařízení se pokuste stanovit i experimentálně např. pomocí ledového zábalu.

Proveďte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a potřebnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a stavební struktura.

2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.

3. Výrobní výkresovou dokumentaci hypotermického prvku.

Rozsah výtahu z rešerše z Diplomového projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 2A0.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. Konstrukční nauka.

Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8.

Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.

FS_SME_05_003 verze: G

Noga, Z. – Tomeček, F.: Zařízení pro aplikaci hypotermie - Patent číslo 303 114 z r. 2012

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Diplomového projektu.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 20. 5. 2013

..... 

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Michal Gajdoš

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bratří Hlaviců 107, Vsetín

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

GAJDOŠ, M. *Hypotermický prvek : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2013, 75 s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Diplomová práce je podkladem k výrobě prototypu chladičného zařízení pro aplikaci mírné hypotermie na kolenní kloub lidského těla. Po úvodní rešeršní části je důsledným uplatněním metodického řešení problému upřesněno zadání, zpracována funkční struktura, morfologická matice a hrubá stavební struktura. Z morfologické matice je vybrán koncept řešení, který je rozpracován do návrhu čisté stavební struktury. Ve výpočtové části jsou stanoveny potřebné konstrukční parametry pro návrh zařízení. Čistá stavení struktura umožňuje vytvoření teplotní a hydrodynamické analýzy. Vytvořen je 3D model zařízení umístěný na 3D skenu kolenního kloubu lidského těla. V diplomové práci jsou zpracovány předpoklady pro výrobu prototypu zařízení a jeho vyzkoušení ve zdravotnické praxi.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

GAJDOŠ, M. *Hypothermia Element : Master Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 75 p. Thesis head: Noga, Z.

This thesis is the basis for the production of prototype cooling device for the application of mild hypothermia on the knee joint of the human body. After an initial search by the rigorous application of the methodological solution the problem is specified input, processed functional structure, morphological matrix and gross building structure. From the morphological matrix is chosen solution concept, which is developed to design a clear building structure. In the calculation, sets out the necessary design parameters for the design of the device. Clear building structure allows the creation of thermal and hydrodynamic analysis. Created a 3D model of the device located on 3D scanning knee joint of the human body. In this thesis are processed assumptions for the prototype device and its testing in medical practice.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	9
1. ÚVOD	12
2. INFORMACE K PROBLEMATICE.....	14
2.1 Výtah z anatomie kolenního kloubu.....	14
2.2 O hypotermii	16
2.3 Peltierův modul.....	16
2.4 Volba materiálů.....	17
2.4.1 Strojové mytí	18
2.4.2 Příklady typických oblastí použití	18
3. KONSTRUKČNÍ POSTUP NÁVRHU SYSTÉMU	19
3.1 Upřesnění zadání	19
3.2 Technický proces	22
3.2.1 Funkce technického procesu.....	23
3.2.2 Popis technického procesu	23
3.3 Funkční struktura	25
3.4 Morfologická matice	26
3.4.1 Popis volby finálního řešení	Error! Bookmark not defined.
3.5 Hrubá stavební struktura	Error! Bookmark not defined.
4. VÝPOČTOVÁ ČÁST	Error! Bookmark not defined.
4.1 Zjištění tepelného toku z lidského těla, volba Peltierova modulu.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Energetická rovnováha	Error! Bookmark not defined.
4.3 Hmotnostní průtok kapaliny	Error! Bookmark not defined.
4.4 Volba průřezu chladicího kanálu	Error! Bookmark not defined.
4.5 Součinitel přestupu tepla α	Error! Bookmark not defined.

4.5.1	Rychlost proudění kapaliny	Error! Bookmark not defined.
4.5.2	Reynoldsovo, Nusseltovo číslo	Error! Bookmark not defined.
4.5.3	Součinitel přestupu tepla	Error! Bookmark not defined.
4.6	Kontrola teplosměnné plochy	Error! Bookmark not defined.
4.7	Tlakové ztráty	Error! Bookmark not defined.
4.7.1	Třecí tlakové ztráty	Error! Bookmark not defined.
4.7.2	Místní tlakové ztráty	Error! Bookmark not defined.
4.7.3	Celková tlaková ztráta	Error! Bookmark not defined.
4.8	Rovnoměrnost vtoku do chladicích kanálků....	Error! Bookmark not defined.
4.9	Návrh šroubů pro spojení krytky se skeletem..	Error! Bookmark not defined.
5.	SIMULACE TEPLOTNÍCH A RYCHLOSTNÍCH POLÍ	Error! Bookmark not defined.
5.1	Teplotní simulace.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.1	Rozložení teplotního pole ve vrstvě silikonu	Error! Bookmark not defined.
5.1.2	Rozložení teplotního pole v detailu spoje	Error! Bookmark not defined.
5.2	Simulace proudění kapaliny.....	Error! Bookmark not defined.
5.2.1	Vektorové vyobrazení proudění kapaliny	Error! Bookmark not defined.
5.2.2	Konturou vyobrazena rychlost proudění kapaliny	Error! Bookmark not defined.
6.	ZOBRAZENÍ CHLADICÍHO CELKU VE 3D.....	Error! Bookmark not defined.
7.	ZÁVĚR	66
	SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ	67
	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
	SEZNAM TABULEK.....	73
	SEZNAM GRAFŮ	74
	SEZNAM PŘÍLOH	75

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

a	[m]	délka přechodové hrany chladicích kanálků
c	[m·s ⁻¹]	rychlost proudění vody
c_p	[J·kg ⁻¹ ·K ⁻¹]	měrná tepelná kapacita vody za konstantního tlaku
D_h	[m]	hydraulický průměr
d_3	[m]	předběžný malý průměr závitu šroubu
e	[m]	šířka přechodové hrany chladicích kanálků
F_p	[N]	tlaková síla na krytku
F_{pl}	[N]	tlaková síla na jeden šroub
h	[-]	počet přechodů mezi chladicími kanálky
i	[-]	počet chladicích kanálků
i_s	[-]	počet šroubů
k_{bt}	[-]	bezpečnost pro navýšení tlaku
k_{sb}	[-]	konstanta stat. bezpečnosti pro neznámý krut, předpětí, přídatný ohyb (3 – 4)
$k_{u\check{s}}$	[-]	součinitel pro nerovnoměrně utažené šrouby
l	[m]	délka příslušného kanálu
\dot{m}_{H_2O}	[kg·s ⁻¹]	hmotnostní tok vody nad P-modulem
Nu	[-]	Nusseltovo číslo
O	[m]	obvod průřezu kanálku
Pr	[-]	Prandtlovo číslo
p_{max}	[Pa]	maximální tlak navýšení bezpečností

p_{smax}	[Pa]	max. tlak zjištěný v simulaci
p_{zM}	[Pa]	místní tlaková ztráta celková
$p_{zMa)}$	[Pa]	místní tlaková ztráta na změně průřezu <i>a)</i>
$p_{zMb)}$	[Pa]	místní tlaková ztráta na změně průřezu <i>b)</i>
$p_{zMc)}$	[Pa]	místní tlaková ztráta na změně průřezu <i>c)</i>
$p_{zMd)}$	[Pa]	místní tlaková ztráta na změně průřezu <i>d)</i>
$p_{zMe)}$	[Pa]	místní tlaková ztráta na změně průřezu <i>e)</i>
$p_{zta)}$	[Pa]	třecí tlaková ztráta na úseku <i>a)</i>
$p_{ztb)}$	[Pa]	třecí tlaková ztráta na úseku <i>b)</i>
$p_{ztc)}$	[Pa]	třecí tlaková ztráta na úseku <i>c)</i>
p_{zcelk}	[Pa]	třecí tlaková ztráta celková
R_2	[m ²]	poloměr rozváděcího kanálu
Re	[-]	Reynoldsovo číslo
Re_m	[MPa]	mez kluzu materiálu
r	[m]	poloměr půlkruhu kanálku
S	[m ²]	plocha průřezu kanálku
S_c	[m ²]	průměrná hodnota celkového povrchu těla
S_{pm}	[m ²]	plocha teplé strany Peltierova modulu
S_{pmE}	[m ²]	efektivní plocha teplé strany Peltierova modulu
S_R	[m ²]	plocha průřezu rozváděcího kanálu
S_T	[m ²]	velikost chlazené plochy na těle
S_{tlak}	[m ²]	plocha chladicích kanálků vystavená tlaku

S_{tp}	[m ²]	teplosměnná plocha
t'_2	[°C]	teplota vody na vstupu do chladiče
t''_2	[°C]	teplota vody na výstupu z chladiče
α	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel přestupu tepla
Δp_z	[Pa]	celková tlaková ztráta
$\Delta t'$	[°C]	rozdíl teplot (voda x povrch modulu) na vstupní straně Peltierova modulu
$\Delta t''$	[°C]	rozdíl teplot (voda x povrch modulu) na výstupní straně Peltierova modulu
$\Delta t_{stř}$	[°C]	střední teplotní rozdíl
$\overline{\Delta t_{stř}}$	[°C]	střední (logaritmický) teplotní rozdíl
ζ	[-]	součinitel tření místní tlakové ztráty
λ	[W·m ⁻¹ ·K ⁻¹]	součinitel tepelné vodivosti
ζ	[-]	součinitel tření třecí tlakové ztráty
ρ	[kg·m ⁻³]	hustota kapaliny
ΣS_i	[m ²]	součet všech ploch průřezů malých kanálků
ν	[m ² ·s ⁻¹]	kinematická viskozita
Φ	[W]	tepelný výkon modulu
Φ_c	[W]	průměrný tepelný tok z celkového lidského těla
Φ_x	[W]	tepelný tok z vybrané oblasti na těle
ϕ_p	[W·m ⁻²]	hustota tepelného toku na jednotku plochy

1. ÚVOD

Cílem diplomové práce je navrhnout chladicí zařízení pro aplikaci mírné lokální hypotermie na kolenním kloubu lidského těla s využitím Peltierova modulu.

Toto zařízení pro aplikaci hypotermie může být využito v ambulanční nebo rehabilitační péči. Aplikace zařízení může výrazně snížit postižení, neboť hypotermie má prokazatelně pozitivní neuroprotektivní účinek. Konstrukci hypotermického zařízení lze použít k chlazení i jiných částí těla (krk, končetiny atp.). Zařízení umožní působením chladu významně utlumit fyziologické pochody. Podstatou předmětu technického řešení je využití Peltierova modulu v konstrukci chladicího prvku zařízení pro zabezpečení odvodu teplé energie živé tkáně. K zabezpečení odvodu tepelné energie z chladicího prvku je využito vodního chlazení. [1]

Podstatou zařízení je využití Peltierova modulu v konstrukci chladicího prvku zařízení pro zabezpečení odvodu tepelné energie ze živé tkáně. K zabezpečení odvodu tepelné energie z chladicího prvku je využito vodního chlazení. Ovládání a regulace výkonu chladicího prvku – Peltierova modulu je závislé na velikosti napájecího proudu. Jako zdroj energie může být použita elektrická síť nebo akumulátor. Ovládání zařízení může být v režimu manuálním nebo automatickým nebo poloautomatickým. Peltierovy moduly teplo odebírají z jedné strany (prostředí) a převádějí na stranu druhou, přičemž produkují samy teplo, a proto musí být zařízení opatřeno systémem sekundárního chlazení, který toto teplo kontinuálně odvádí a zabraňuje poškození elektrotechnických součástí. Do předmětu cíle diplomové práce spadá především navržení tohoto sekundárního chladicího obvodu. [2]

Jako nástin slouží patentový spis [1] a [2]. V této diplomové práci se bude chlazení navrhovat na kolenní kloub lidského těla. Použití chladicího systému je možno ihned po sportovních úrazech či operacích kolenního kloubu a také u probíhajících rehabilitačních procesů. Během celého navrhování chladicího systému je důležité mít na paměti, že chladič se navrhuje pro zdravotnictví, čili musí se myslet především na volbu biokompatibilních materiálů, aby neškodily svým používáním osobě, která chladicí zařízení využívá. Dále musí být materiál schopen odolat chemickým procesům při jeho čištění a neopomínat ani konečnou fázi, kterou je recyklace. Celý systém musí splňovat tu nejvyšší bezpečnost nejen během provozního stavu, ale také při skladování.

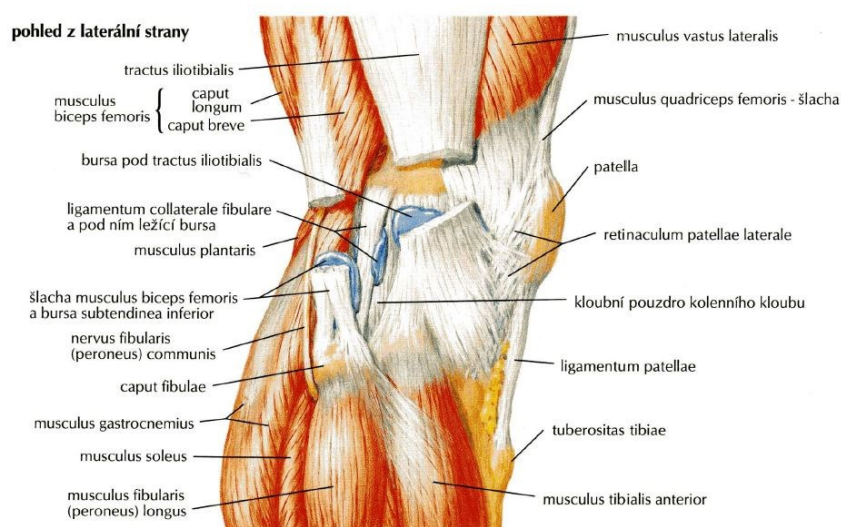
Práce obsahuje kapitoly seznamující čtenáře s náhledem na částečnou anatomii kolenního kloubu i stavem techniky. Dále je velká část věnována kapitole zabývající se konstrukčním postupem a upřesněnými vstupními informacemi (požadavky) na chladicí zařízení. Tato diplomová práce rovněž obsahuje část výpočtovou zaměřenou na extrémní situace při provozu vyvolanou maximálním tepelným tokem z těla do chlazení, která vede ke konstrukčnímu sestavení celého díla. V neposlední řadě je také díl práce věnován simulacím jak teplotním, tak také hydrodynamickým simulacím. Diplomová práce také zobrazuje hotový konstrukční systém chlazení na kolenní kloub v pohledu 3D.

Diplomová práce se zabývá fází vývoje, kde se pojednává o vývoji zcela nového zařízení pro následné uvedení na trh do zdravotnického prostředí. Navržené zařízení je koncipováno tak, aby jej bylo možné jednoduše vyrobit a odzkoušet jeho funkčnost.

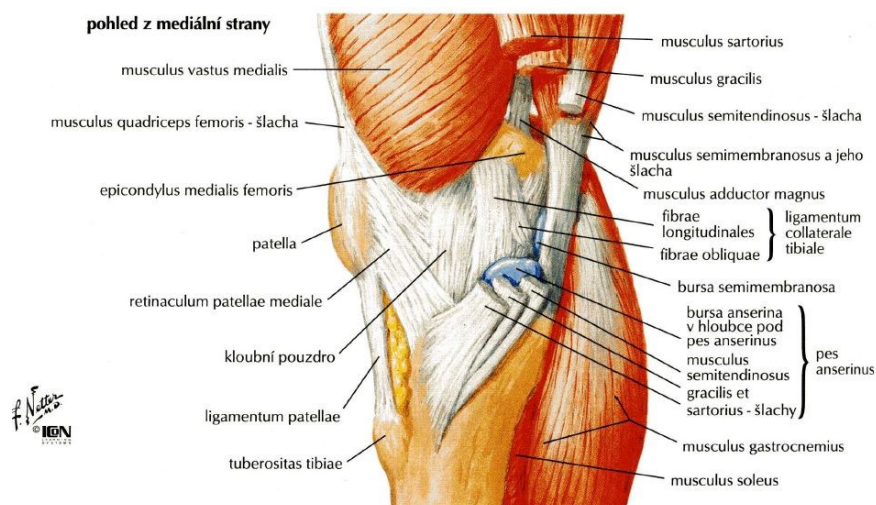
2. INFORMACE K PROBLEMATICE

2.1 Výtah z anatomie kolenního kloubu

Tato diplomová práce je věnována zcela novému návrhu chladicího zařízení vyvozující lokální mírnou hypotermii na kolenním kloubu lidského těla. Vzhledem k charakteru této práce je anatomii kolene věnována malá část, která dokáže vystihnout průřezové a tvarové prvky, které se v této části těla vyskytují, a na základě kterých se volí rozmístění přímého chladicího výkonu. Kolenní kloub je velmi složitá část, k jejímu nastudování je zapotřebí využití konzultací s odpovědnými osobami, které se dané problematice věnují.

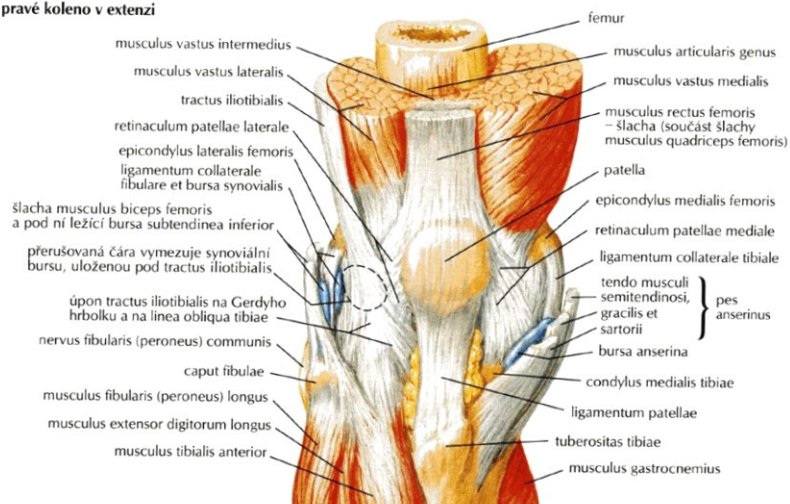


Obr. 1 – Pohled na koleno z laterální strany [3]



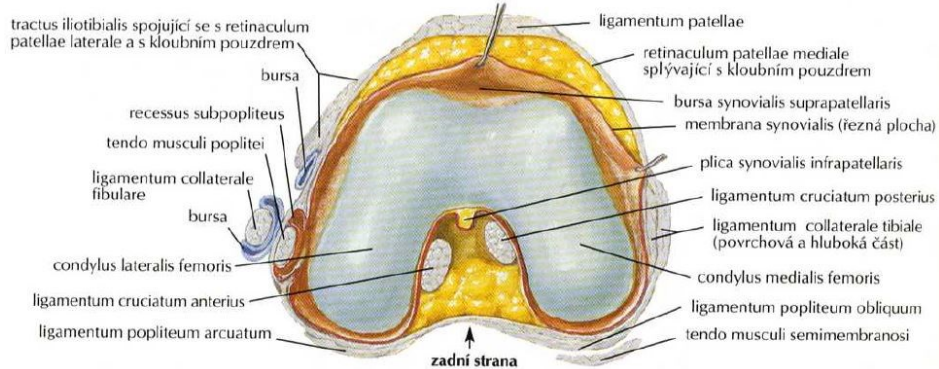
Obr. 2 – Pohled na koleno z mediální strany [3]

pravé koleno v extenzi



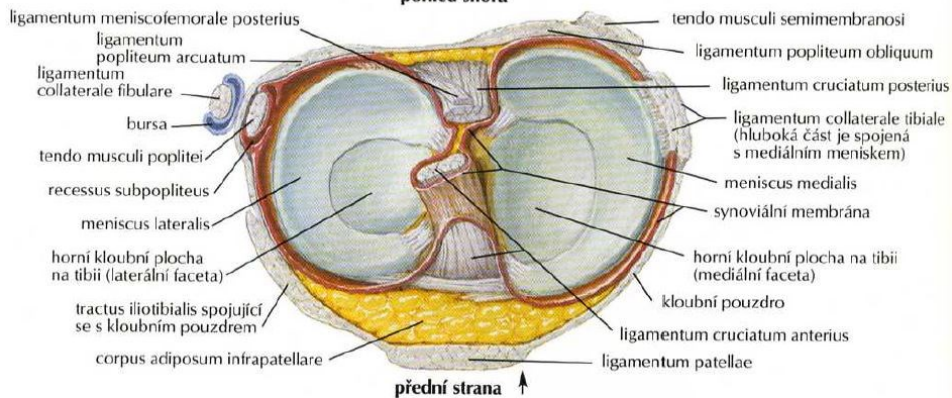
Obr. 3 – Pohled na koleno z čelní strany [3]

pohled zespodu



Obr. 4 – Pohled na koleno průřezově zespodu [3]

pohled shora



Obr. 5 – Pohled na koleno průřezově shora [3]

Literatura [4] na str. 331 uvádí: „Základní postavení kolenního kloubu je plná extenze. Při extenzi jsou napjaty postranní vazy a všechny vazivové útvary na zadní straně kloubu; femur, menisky a tibie pevně vzájemně naléhají. Tento stav se označuje jako „uzamknuté koleno“. Základní pohyb je flexe a zpětná extenze.“

Čihák také ve své knize uvádí „neutrální“ flexi (můžeme říci bez napětí především vazů) kolem 5° spojenou s počáteční rotací. Těchto 5° je důležitou hodnotou pro navrhování chladicího systému. Další pokračování flexe je dle konkrétního případu použití a potřeb pacienta. [4]

Nejčastějším poraněním je poranění měkkého kolene, které je typické pro běžnou i sportovní praxi. Největší podílem z diagnóz je poranění menisků, dále poranění zkřížených vazů a vnitřního postranního vazy kolene, poranění chrupavky a vykloubení česky. [19]

2.2 O hypotermii

Hypotermii lze charakterizovat také ekvivalentem – podchlazení.

„Chladová blokáda vede ke sníženému vnímání bolesti v postiženém místě, tento efekt se používá například při úrazech ve sportu, kdy se chladí buď ledem, nebo ledovým sprejem. Omezená funkce postižených kloubů se při aplikaci lokálního chladu zlepšuje, edémy nejen zánětlivého, ale i traumatického původu se díky zlepšenému transportu lymfatickými cévami zmenšují, snížená tkáňová teplota vede však i přímo k potlačení zánětlivého procesu, snížením počtu leukocytů a aktivity kolagenázy v místě zánětu.“ [5]

Doc. MUDr. Libor Paša, Ph.D. na svých webových stránkách na dotaz „Jak po operaci správně koleno chladit?“ odpověděl, že fyzikální chlazení je po operaci velmi doporučeno. Provádí se tak pomocí hydrogelů v plastovém obalu 6-8x denně po dobu 30 minut. [20]

2.3 Peltierův modul

Peltierův modul je základním technickým prvkem našeho chladicího systému. Právě tento článek je tím, kterému musíme zajistit odvod tepla z jedné jeho strany. Podrobnějším popisem modulu se zabývá studijní předmět Diplomový projekt, v rámci kterého byly vypracovány vstupní informace a je možno je na vyžádání doložit.

Výhody Peltierova modulu

- Relativně nízká cena, dlouhá životnost, vysoká spolehlivost,
- malé rozměry, snadná (velmi přesná na 0,01 °C) regulace výkonu, absolutně tichý provoz, okamžitý efekt chlazení/topení jedním modulem. [22]

Nevýhody Peltierova modulu

- Přehřívání, vyšší cena v případě potřeby velkého chladicího výkonu.

Spolehlivost termoelektrických systémů

„Termoelektrické moduly neobsahují žádné pohyblivé mechanické díly. Lze s nimi konstruovat i miniaturní vysoce spolehlivé chladicí moduly. Výrobci zaručují průměrnou dobu bezporuchového chodu (MTBF¹) při pracovní pokojové teplotě 200 000 až 300 000 h (22 až 34 let). Většina poruch je způsobena špatnou instalací modulu nebo překračováním rozsahu pracovních teplot udávaného výrobcem. Poškodit nebo zničit modul může vodní pára kondenzující uvnitř modulu (korodují termočlánky). Vlhkost může být také příčinou elektrického zkratu v modulu. Moduly ve zvýšené kvalitě jsou proto hermetizovány proti vlhkosti.“ [23]

2.4 Volba materiálů

V dnešní době se stále více staví do popředí využití plastů. Hlavním důvodem je jejich široká možnost tvarování při výrobě, malá hmotnost, recyklovatelnost atd.

Vhodnost použití různých materiálů pro kompletaci chladicího (i mnohého jiného) zařízení ve zdravotnictví v sobě ukrývá mnoho důležitých hledisek volby. Myslet se musí především na to, aby použité materiály byly zdravotně nezávadné. Dalším hlediskem je životnost takového materiálu. Myslí se tím odolání mechanickým i fyzikálním účinkům z okolního prostředí. Aby se docílilo nejdelší a nejspolehlivější životnosti a nezávadnosti, je nutné celé systémy skládající se z nejrůznějších materiálů podrobit čištění, které probíhá při strojovém mytí termostabilních zdravotnických prostředků. Je tedy důležité vhodně zvolit materiály, které odolají těmto termickým procesům pro zničení bakterií.

¹ Mean Time Between Failures

Lékařské přístroje musí splňovat náročné požadavky. Mezi ty nejhlavnější patří:

- možnosti několikanásobné sterilizace, dlouhodobá použitelnost,
- odolnost proti agresivním čisticím a dezinfekčním prostředkům a vysoká houževnatost, čisté materiály, schválené certifikáty. [24, 25]

2.4.1 Strojové mytí

„Pro čištění zdravotnických prostředků se používají termické procesy. Termostabilní pomůcky se obvykle dekontaminují termodezinfekčními mycími postupy, což představuje kombinaci čisticího prostředku a teploty 93 °C. V první fázi programu mytí se hrubé nečistoty rozpustí v předmytí ve studené vodě. Pak následuje mytí při teplotě 60 °C po dobu 20 minut. Celý proces je ukončen termodezinfekcí 93 °C po dobu 10 minut. Alternativou pro citlivé termostabilní zdravotnické prostředky jsou chemotermické procesy, které vyžadují použití dezinfekčních prostředků v kombinaci s termickým procesem.“ [26]

Zásadní parametry strojního mytí ve zdravotnickém průmyslu:

- mechanický účinek (systém oplachování, množství a tlak vody),
- chemický účinek (čisticí prostředek, koncentrace, teploty),
- vliv teploty (podpora rozpouštěcího účinku),
- zamezení rekontaminace kvalitním odplavením nečistot. [26]

2.4.2 Příklady typických oblastí použití

„Vedle přímých lékařských a farmaceutických aplikací vstupují tyto plasty do oblastí, jako je diagnostika, laboratorní analýzy a zdravotní péče. V těchto oblastech jsou pro citlivé aplikace výhodné vlastnosti polymerů speciálně vyvinutých pro tyto účely. K těmto výhodám patří: čistota součástí, dlouhodobá použitelnost, snadné zpracování a dále výhody plynoucí z jejich biologické kompatibility nebo osvědčení o vhodnosti pro styk s potravinami a konečně i trvanlivost těchto výrobků.“ [25]

- Zdravotnické prostředky a zařízení pro zavádění léčiv, katetry,
- obaly a uzávěry léků, pumpy a inhalátory, jednoúčelové pomůcky. [25]

3. KONSTRUKČNÍ POSTUP NÁVRHU SYSTÉMU

3.1 Upřesnění zadání

Podrobnější popis zadání diplomové práce je možno nejlépe vystihnout správně stanovenými (pokud možno co nejvíce) požadavky na systém. Pro vytvoření seznamu požadavků, je nutné zadání doplnit, údaje pokud možno kvantifikovat, požadavky uspořádat a určit jejich významnost. Významnost požadavkových vlastností je udávána ve dvou úrovních, a to jako podmínky a jako přání. [8]

Takto uspořádaný seznam požadavků může mít potom podobu tabulky, která je zobrazena jako tab. 1.

Tab. 1 – Seznam požadavků

		Podmínka	Přání
Chlazení:			
- účinné a efektivní chlazení teplé strany Peltierova modulu		X	
- rychlý proces ochlazování teplé strany i povrchu těla pomocí Peltierova modulu		X	
- regulace pomocí	a) dodávaného proudu do článku	X	
	b) průtoku kapaliny (rychlost...)	X	
- použití vhodného chladicího média pro rozvod chladu k pokožce		X	
- zvolení optimální tloušťky chladicího média a jeho tepelné vodivosti	- s ohledem na komfort pacienta		X
- co nejrovnoměrnější rozložení teplotního pole ve zvoleném chladicím mediu		X	
- kontakt s lidskou pokožkou pod celou plochou chladicího média			X
- dosažení požadovaných teplot na povrchu těla	- dosažení teploty 14° C (při nižší – nežádoucí důsledky – omrzliny)	X	
- možnost reverzace chlazení na vyhřívání			X
- chlazení v každé poloze			X

Tab. 1 – Seznam požadavků - pokračování

- nepřekročení minimálních/maximálních povolených teplot		X	
- zabránění kondenzace vody		X	
- malé rozměry			X
- dostatečně lehká a tuhá konstrukce		X	
<i>Těsnění a izolace:</i>			
- zajištění dokonalé hermetizace systému		X	
- zamezení vzniku rosného bodu		X	
- přívod/odvod kapaliny		X	
- těsnost chladicího bloku na Peltierův modul		X	
<i>Manipulace:</i>			
- snadná kompletace systému	a) přehlednost a přesnost ustavení	X	
- jednoduchost ovládání		X	
- lehce tvarovatelné chladio - pro zakřivení části těla		X	
- snadná výroba jednotlivých dílů			X
- jednoduché a přesné zapojení přívodu/odvodu kapaliny	- hledisko operativnosti během používání	X	
- použití na pravý i levý kolenní kloub		X	
- rychlá možnost uchycení chladné strany Peltierova modulu na gel, tvarové opěrky...		X	
- minimální nároky na servis			X
- přístup k výměně jednotlivých částí			X
- možnost demontovat systém			X

Tab. 1 – Seznam požadavků - pokračování

Materiály:			
- biokompatibilní		X	
- konstrukční vlastnosti	a) použití jednoduchých tvarových prvků		X
	b) povrch odolný korozi, zanášení, zamezení vzniku rosného bodu	X	
- teplotní odolnost	- odolnost teplotě do 120 °C (pobyt v autoklávě)	X	
- tepelná vodivost		X	
- nízká cenová relace			X
Provoz:			
- v mobilních prostředcích		X	
- na lůžkových zařízeních		X	
- zajištění chladicí funkce (její uchycení) při změně polohy pacienta			X
- prostředí: velmi čisté a zároveň i velmi nečisté		X	
- četnost používání	a) časté	X	
	b) dlouhodobé	X	
- dlouhá životnost jednotlivých dílů (gel, článek, kapalina...)		X	
- údržba: termické procesy	a) vhodnost pro údržbu	X	
Ergonomie:			
- jednoduchá manipulace a ovládání		X	
- příjemný design			X
- rychlé zapojení a spuštění obvodu		X	

Tab. 1 – Seznam požadavků - pokračování

- zamezení dalšího úrazu	a) hmotností	X	
	b) netěsností	X	
	c) srážlivostí vody	X	
	d) překročením teplotních limitů	X	
- v souladu s normami a předpisy		X	
- rychlé a spolehlivé zapínání skeletu (objímky)			X
- bez porušení patentových práv		X	
Výroba, recyklace			
- ekonomičnost výroby	a) sériová výroba vstřikováním		
	b) výroba teplovzdušným tvarováním plastové desky na místě		
- demontovatelnost			X
- kompletní proces recyklace		X	

3.1 Technický proces

Technický proces je umělý proces, ve kterém je stav materiálních a biologických objektů, energie a informací plánovitě měněn (přetvářen, transformován) vlivem účinků člověka a technických prostředků (technických systémů). [8]

Průběh procesu, jeho výstup a hospodárnost jsou kromě účinků člověka a technických systémů ovlivňovány ještě dalšími operátory, jmenovitě stavem vědění (informací), druhem řízení procesu (zvláště z hlediska organizace, řízení a pracovních postupů) a podmínkami okolí (v užším smyslu místními a časovými podmínkami), v nichž proces probíhá. [8]

3.1.1 Funkce technického procesu

- Vychlazení kolenního kloubu,
- odvod tepelného toku z Peltierova modulu,
- připojení chladicího bloku k Peltierovu modulu,
- uchycení Peltierova modulu s chladícím blokem k opěrné desce, která tvaruje chladicí silikon (gel) dle tvaru požadovaného místa určeného k ochlazení,
- uložení celého chladicího systému na dané ochlazované místo,
- zajištění přívodu kapaliny do chladiče,
- zajištění odvodu kapaliny z chladiče,
- zajištění hermetizace systému,
- umožnění (spuštění) cirkulace vody,
- kontrola tlaku vody,
- kontrola protékajícího proudu do Peltierova modulu,
- kontrola teploty povrchu chlazené části těla (kontakt silikonu s pokožkou),
- kontrola teploty teplé strany Peltierova modulu,
- kontrola teploty vody na vstupu i výstupu z chladiče,
- možnost regulace průtoku kapaliny,
- možnost regulace průtoku elektrického proudu.

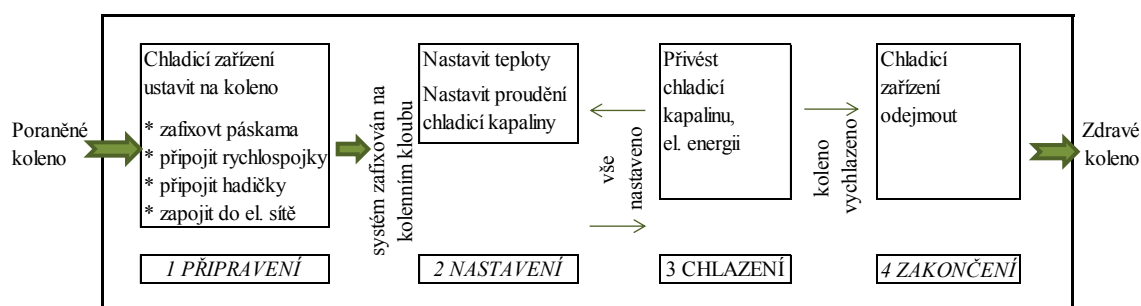
3.1.2 Popis technického procesu

Technický proces zobrazuje zjednodušený pohled na problematiku vychlazování kolenního kloubu. Celek je uspořádán s funkční činností následovně.

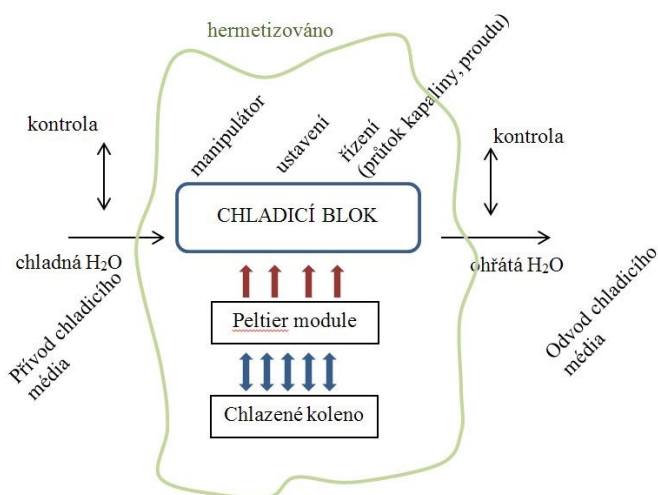
Na chlazené místo kolenního kloubu je přiložena vodivá (v našem případě silikonová) hmota, která je schopna do konkrétního místa na koleni přivést nízké teploty, které nám vytvoří Peltierův modul. Tento Peltierův modul je přiložen na tuto chladicí hmotu tak, že jeho poloha je definována opěrným prvkem – skeletem, jenž také tvaruje chladicí hmotu kolem kolenního kloubu. V teoretické části je popsán Peltierův modul tak, že jedna strana

vytváří nízké teploty (ty jsou využity k ochlazení kolene) a druhou stranou, která se zahřívá. Schéma nám znázorňuje odvod tohoto tepelného toku z Peltierova modulu do chladicího bloku, kde je vytvořený tepelný tok odváděn proudícím chladicím médiem. Do chladicího bloku vstupuje na jedné straně chladicí kapalina o určité teplotě a na jejím druhém konci vystupuje o určitou hodnotu zahřátá. Zahřátá je v tom důsledku, že absorbovala tepelný tok vycházející z Peltierova modulu. Vstupní i výstupní teplota kapaliny je samozřejmě monitorována. Stejně tak je monitorován i průtok chladicím blokem. Doprava kapaliny je umožněna plastovými hadičkami.

Kompletní uspořádání chladicí hmoty, Peltierova modulu i chladicího bloku, který je upevněn k opěrné (tvarové) desce musí být dokonale hermetizován. Celý tento systém je ovládán lidským faktorem (čili konkrétním jedincem – ať už sám pacient nebo ošetřující personál) a také automatickou změnou, která je zapříčiněna ovládacím systémem řízeným výpočetní technikou.



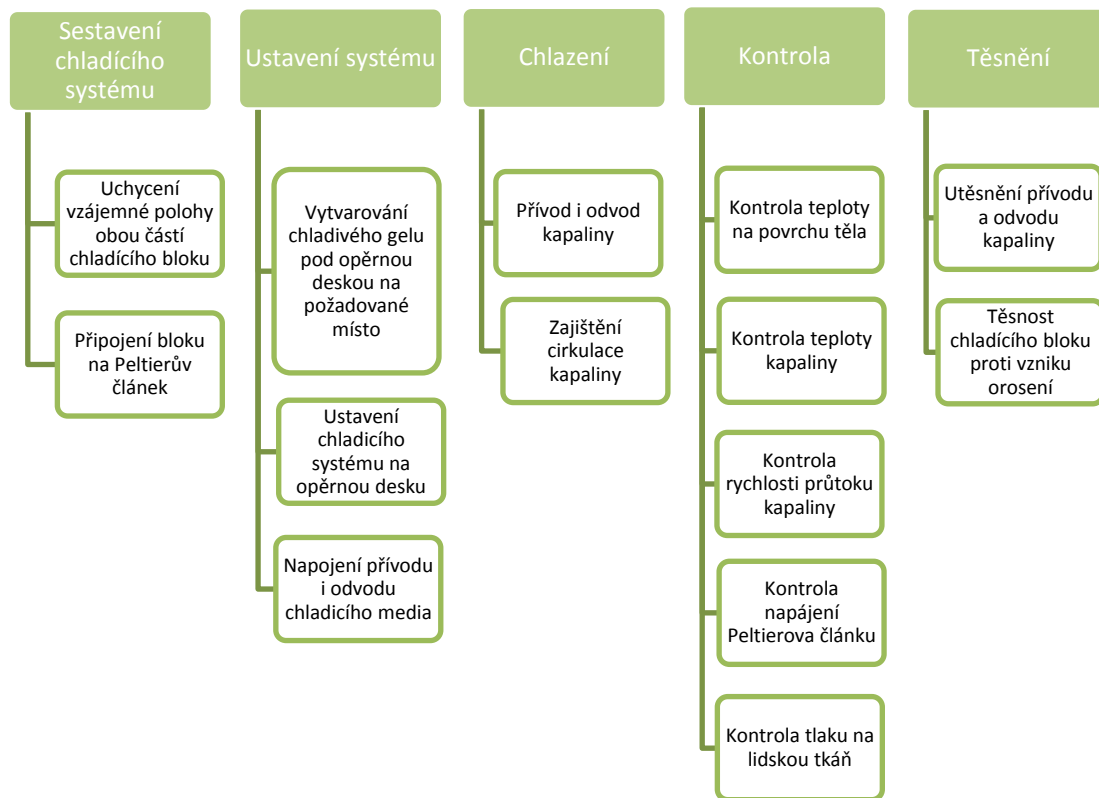
Obr. 6 – Technický proces (blokové schéma)



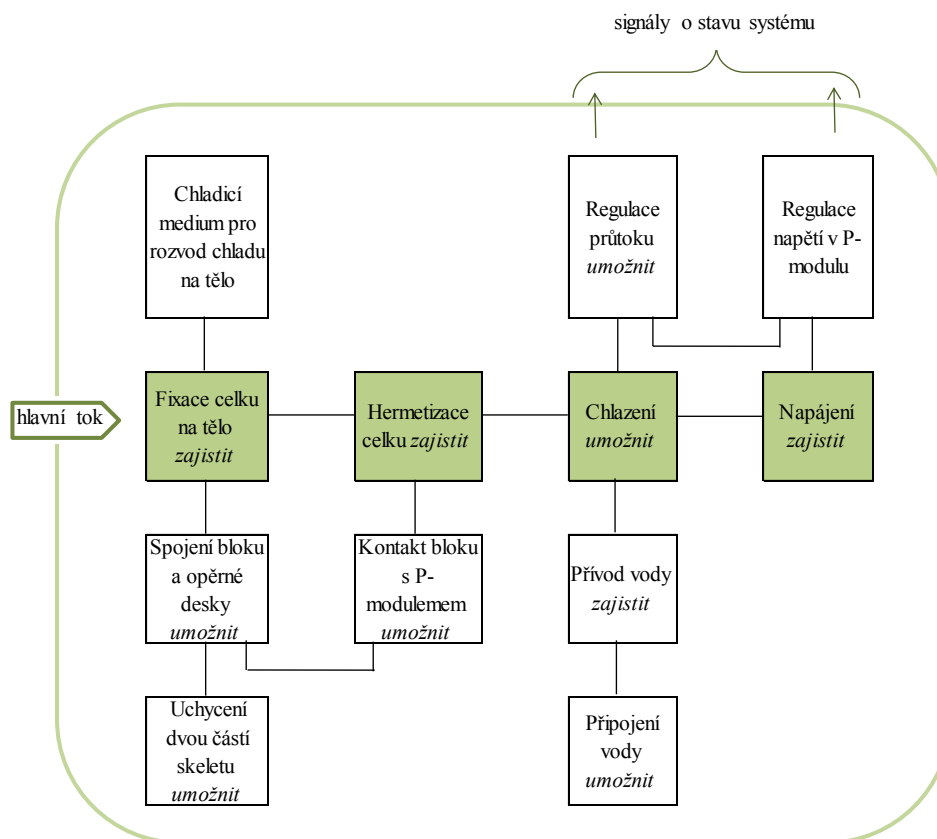
Obr. 7 – Dílčí transformační proces

3.2 Funkční struktura

Ve funkční struktuře jsou uvedeny dílčí úkoly (funkce), které musí daný technický systém splnit. Tyto úkoly vyplývají z technického procesu. [8]



Obr. 8 – Funkční struktura – hierarchický funkční strom



Obr. 9 – Funkční struktura – blokové schéma

3.3 Morfologická matice

Morfologická matice uděluje a zpřehledňuje možnosti zapojení, spojení, volby materiálů i mnohého dalšího. Následnou kombinací několika variant uspořádání celku lze dosáhnout optimální volby pro výsledný systém. Poté lze jednodušeji vyobrazit tzv. „hrubou stavební strukturu“, na které se upřesní zbývající požadavky. Poznamenejme, že hrubá struktura, jak je navržena v prvotní fázi jako „náhled“ na problematiku, se může v čisté stavební struktuře (která je zobrazením konečného řešení) v některých použitých prvcích či konečného uspořádání lišit.

Morfologická matice je jiný druh struktury technického systému, kterou dostaneme při pohledu z funkčního hlediska. Jednotlivé účinkové řetězce jsou tvořeny z funkčních jednotek (orgánů). Orgány je možno ještě členit na nižší funkční jednotky (suborgány). [8]

Následující text je předmětem průmyslové ochrany a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě diplomové práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího diplomové práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.

7. ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení, které se využije při potřebě vyvození lokální mírné hypotermie na kolenním kloubu lidského těla.

Zpracován je náhled na částečnou anatomii kolene s uvedením možností. Současně s touto kapitolou je uvedena teoretická část seznamující čtenáře se základním stavebním prvkem chladicího systému – Peltierovým modulem, a také pár slov o vhodnosti použití především plastových materiálů ve zdravotnictví.

Podstatnou část této práce zobrazuje kapitola s názvem Konstrukční postup návrhu zařízení, která uvádí upřesnění a doplnění zadání. Tím vzniklo několik požadavků na chladicí zařízení a ty jsou zpracovány v přehledné tabulce. Popsán je také technický proces, který musí zařízení splňovat. Z několika variant v morfologické matici vzniklo jedno nejvhodnější řešení, na základě kterého se postupuje při navrhování a výpočtu zařízení. Na základě všech těchto informací je zobrazena hrubá stavební struktura chladicího zařízení.

Základ práce je v kapitole věnované výpočtové části. Zvolil se vhodný Peltierův modul, nutný hmotnostní průtok kapaliny pro vychlazení teplé strany Peltierova modulu, určen je součinitel přestupu tepla s kontrolou teplosměnné plochy, dále celkové tlakové ztráty zaujímající ztráty místní i ztráty třením, zkontrolována podmínka rovnoměrnosti vtoku do chladicích kanálků a návrh šroubů pro spojení krytky se skeletem zařízení.

V pořadí pátá kapitola se věnuje vyobrazení výsledků teplotních a hydrodynamických simulací. Teplotní simulace pro zjištění rozložení teplotního pole je provedena ve vrstvě kontaktního prvku, dále teplotní simulace detailu uzlu všech komponent. Druhý typ simulace zobrazuje proudění kapaliny systémem kanálků v krytce. Vše je vyobrazeno vektorově i konturou.

Závěrečná kapitola uvádí 3D vyobrazení celého chladicího zařízení na skenu kolenního kloubu. Celé zařízení zobrazené ve 3D je rovněž zpracováno v příložené výkresové dokumentaci.

V diplomové práci jsou zpracovány předpoklady pro výrobu prototypu zařízení a jeho následné vyzkoušení ve zdravotnické praxi. Použití finálně navrženého zařízení lze aplikovat na libovolné místo končetiny lidského těla.

SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1]: VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Zařízení pro aplikaci hypotermie* [patent]. Patent, 303 114. Uděleno 29.2.2012.
- [2]: VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. *Zařízení pro aplikaci hypotermie* [patent]. Patent, CZ 2010 - 645 A3. Uděleno 07.03.2012.
- [3]: NETTER, Frank H. *Anatomický atlas člověka: překlad 3. vydání. 2., rozš. vyd.* Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-1153-2.
- [4]: ČIHÁK, Radomír. *Anatomie. 3., upr. a dopl. vyd.* Editor Miloš Grim, Oldřich Fejfar. Praha: Grada, 2011, 534 s. ISBN 97880247381781.
- [5]: Šmuk, L., Strnad, P.: *Lokální kryoterapie a celotělová terapie chladem jako alternativa a doplněk léčby bolestivých onemocnění pohybového ústrojí.* Interní Med. 2008; 10(9): 410-412, ISSN 1212-7299.
- [6]: TOMEČEK, František. *Zařízení pro aplikaci hypotermie.* Ostrava, 2010. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava.
- [7]: GAJDOŠ, Michal. *Diplomový projekt.* Ostrava, 2013. Zápočtová práce. VŠB-TU Ostrava.
- [8]: HUBKA, Vladimír. *Konstrukční nauka: Obecný model postupu při konstruování.* Zürich: HEURISTA, Zürich, 1995, 118 s. ISBN 80-90 1135-0-8.
- [9]: KADLEC, Zdeněk. *Návody do termomechaniky.* Ostrava, 2001. Studijní materiál. VŠB-TU Ostrava.
- [10]: *Termodynamické tabulky.* Bratislava: Alfa, 1984. ISBN 63-012-83.
- [11]: RAMÍK, Pavel. *Přenos tepla a hmoty.* 1. vyd. Brno: VUT, 1982, 216 s.
- [12]: DRÁBKOVÁ, Sylva. *Mechanika tekutin* [online]. první. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007 [cit. 2012-06-03]. ISBN 978-80-248-1508-4. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/Drabkova-Mechanikatekutin.pdf>

- [13]: BÁLEK, Stanislav. *Tepelně technické tabulky a diagramy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1979. ISBN 80-7078-974-3.
- [14]: LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky*. 3. přepr.vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-718-3164-6.
- [15]: KALÁB, Květoslav. *NÁVRH A VÝPOČET DYNAMICKY NAMÁHANÉHO ŠROUBU PŘÍRUBOVÉHO SPOJE*. Ostrava, 2013. Vysokoškolská příručka. VŠB-TU Ostrava.
- [16]: MAMICA, Marek. *Modelování proudění v článku kotle*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava.
- [17]: Osobní sdělení Ing. Noga Zdeněk, CSc.
- [18]: Osobní sdělení MUDr. Zdeněk Košťál
- [19]: MUDr. Libor Paša. *Www.pasa.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-01-20]. Dostupné z: <http://www.pasa.cz/stranka/17/koleno/>
- [20]: MUDr. Libor Paša. *Www.pasa.cz* [online]. 2010 [cit. 2013-02-12]. Dostupné z: <http://www.pasa.cz/stranka/28/poucení-pacientu-před-plastikou-předního-zkrizeného-vazu/>
- [21]: Peltierovy termobaterie | HW.cz. *Www.hw.cz* [online]. 1999 [cit. 2012-07-01]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/peltierovy-termobaterie.html>
- [22]: Peltierův článek. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-18]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Peltier%C5%AFv_%C4%8DI%C3%A1nek
- [23]: Automa :: Regulace teploty pomocí Peltierových termoelektrických modulů. *Www.odbornecasopisy.cz* [online]. 2005 [cit. 2012-07-03]. Dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30765
- [24]: Sterilizovatelné plasty pro zdravotnictví - Technický týdeník. *Www.techtydenik.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-07-11]. Dostupné z: <http://www.techtydenik.cz/detail.php?action=show&id=5392&mark=>

- [25]: Resinex - Zdravotnický a farmaceutický průmysl. *Www.resinex.cz* [online]. 2012 [cit. 2012-06-22]. Dostupné z: <http://www.resinex.cz/prumysl/zdravotnicky-a-farmaceuticky-prumysl.html>
- [26]: Strojové mytí termostabilních zdravotnických prostředků - Dezinfekce, sterilizace - ZDN. *Zdravi.e15.cz* [online]. 2006 [cit. 2012-06-21]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/sestra/strojove-myti-termostabilnich-zdravotnickych-prostredku-274869>
- [27]: Metod-lauer-kap-06.pdf. *Kuzelky.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-08-18]. Dostupné z: <http://www.kuzelky.cz/dokumenty/tmk/metod-lauer-kap-06.pdf>
- [28]: Predstaveni_teplarenstvi.pdf. *Powerwiki.cz* [online]. 2007 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: http://www.powerwiki.cz/attach/Vyroba/Predstaveni_teplarenstvi.pdf
- [29]: Index of /. *Czu.kbx.cz* [online]. 2010 [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=tepeln%C3%BD%20tok%20z%20lidsk%C3%A9ho%20%C4%9Bla&source=web&cd=11&ved=0CDMQFjAAOAo&url=http%3A%2F%2Fczu.kbx.cz%2F5.rocnik%2FTechnika%2520prostred%2FPrednasky%2FPrezentace02.ppt&ei=eDBCT6ygM-HE4gSdgrW2CA&usg=AFQjCNHXAeQpzMu-7g9SH_Pfz-kteR_QFw&cad=rja
- [30]: Microsoft Word - Spec_TB-32-2.8-1.5.doc - down.phtml. *Www.kryotherm.ru* [online]. 2010 [cit. 2012-10-02]. Dostupné z: <http://www.kryotherm.ru/modulez/down.phtml?filename=/dir2attz/import/TB-32-2.8-1.5.pdf>
- [31]: Vodní chlazení - teorie a základy stavby. *Pctuning.tyden.cz* [online]. 2009 [cit. 2012-09-07]. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/skrine-zdroje-chladice/5501-vodni_chlazení-teorie_a_zaklady_stavby
- [32]: 18.10 Výpočet přestupu tepla z derivací teplot:. *Otp.fme.vutbr.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-02-18]. Dostupné z: <http://otp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/1810.htm>

- [33]: Přibližný výpočet tlakové ztráty třením v potrubí - TZB-info: *Www.tzb-info.cz* [online]. 2002 [cit. 2013-01-14]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1002-priblizny-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubu>
- [34]: Hodnoty součinitelů místních ztrát - zdroje tepla a základní tvarovky potrubí - TZB-info. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/21-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-zdroje-tepla-a-zakladni-tvarovky-potrubu>
- [35]: Hodnoty součinitelů místních ztrát - redukce a clonové kotouče - TZB-info. *Www.tzb-info.cz* [online]. 2012 [cit. 2013-01-30]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/22-hodnoty-soucinitelu-mistnich-ztrat-redukce-a-clonove-kotouce>
- [36]: *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce*. FS_SME_05_003 verze: G
- [37]: *Citace.com - naučte se citovat* [online]. 2004 [cit. 2013-05-06]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Pohled na koleno z laterální strany [3]	14
Obr. 2: Pohled na koleno z mediální strany [3]	14
Obr. 3: Pohled na koleno z čelní strany [3]	15
Obr. 4: Pohled na koleno průřezově zespod [3].....	15
Obr. 5: Pohled na koleno průřezově shora [3]	15
Obr. 6: Technický proces (blokové schéma)	24
Obr. 7: Dílčí transformační proces	24
Obr. 8: Funkční struktura – hierarchický funkční strom	25
Obr. 9: Funkční struktura – blokové schéma	26
Obr. 10: Hrubá stavební struktura.....	32
Obr. 11: Tvar chladicích kanálků	37
Obr. 12: Schéma teplot	41
Obr. 13: Schéma označení přechodu chladicích kanálků	42
Obr. 14: Zvýraznění cesty kapaliny pro výpočet tlakových ztrát	43
Obr. 15: Schémata průřezů pro místní tlakové ztráty	45
Obr. 16: Rozložení tlaku na krytku konturou	48
Obr. 17: Umístění šroubů pro uchycení krytky	52
Obr. 18: Úvodní screen programu ANSYS, verze 13.....	53
Obr. 19: Teplotní pole ve vrstvě silikonu 17 mm	55
Obr. 20: Teplotní pole ve vrstvě silikonu 34 mm	56
Obr. 21: Vyobrazení teplotních polí ve výřezu celku	57
Obr. 22: Detail teplotních polí ve výřezu celku	57
Obr. 23: Síťování modelu pro proudění kapaliny	58
Obr. 24: Vstup, výstup z chladicích kanálků	59
Obr. 25: Vektory proudění kapaliny – ISO pohled	59
Obr. 26: Vektory proudění kapaliny – pohled shora	60
Obr. 27: Vektory proudění kapaliny – pohled ve směru X.....	60
Obr. 28: Kontura rychlosti proudění – ISO pohled	61
Obr. 29: Kontura rychlosti proudění – pohled zespod.....	62
Obr. 30: Průběh reziduálů RMS	63
Obr. 31: Průběh reziduálů MAX.....	63
Obr. 32: 3D model kolenního kloubu	64
Obr. 33: 3D model chladicího zařízení – pohled I.....	64

Obr. 34: 3D model chladicího zařízení – pohled II	65
Obr. 35: 3D model chladicího zařízení – pohled III	65

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Seznam požadavků	19
Tab. 2: Morfologická matice	27
Tab. 3: Průměrná produkce tepla dospělého člověka	33
Tab. 4: Použité materiály pro teplotní simulaci	54

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Nárůst tlakové ztráty během proudění kapaliny po ose X.....	49
Graf 2: Nárůst tlakové ztráty během proudění kapaliny po celé délce	49

SEZNAM PŘÍLOH

Název přílohy:

Formát listu přílohy:

Příloha A:	Další konstrukční uspořádání	A4
Příloha B:	Zvolený Peltierův modul	A4
Příloha C:	Použité napájení Peltierova modulu	A4
Příloha D:	Výkresová dokumentace	
číslo výkresu:	DP2013-GAJ151-A1_desticka	A4
	DP2013-GAJ151-krytka	A1
	DP2013-GAJ151-nadstavba	A3
	DP2013-GAJ151-objimka_horni	A2
	DP2013-GAJ151-objimka_spodni	A2
	DP2013-GAJ151-stahovací_paska	A3
	DP2013-GAJ151-hp (3 listy)	2xA0 + A4

Zvláštní příloha: datový nosič CD se soubory

Gajdos_Michal_text_DP.pdf

Gajdos_Michal_prilohy_DP.zip

Výpočty_final.xlsx

3D CAD projekt hypotermického prvku